

Д. С. БАУЛІН, С. А. МАНЖУРА, С. А. ГОРЕЛИШЕВ, М. П. ОДЕЙЧУК, М. А. ТКАЧУК, М. М. ТКАЧУК

МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ БАЛІСТИЧНОЇ СТІЙКОСТІ БАГАТОШАРОВИХ БРОНЬОВАНИХ СТРУКТУР

На даний момент в Україні ведеться активна робота щодо підвищення захищеності особового складу та військової техніки силових структур. Актуальним завданням є створення нових броньових матеріалів, які відповідають за своїми характеристиками сучасним вимогам, та розробка надійних кулестійких захисних конструкцій. Їх створення потребує детального дослідження щодо оцінки взаємодії високошвидкісного елемента з перешкодою. З появою нових бронематеріалів та технологій їх виробництва змінюється і модель високошвидкісної взаємодії. Однак, більшість існуючих методик дають невірну оцінку процесів такої взаємодії через появу нових параметрів, пов'язане з удосконаленням технологій виробництва. Має місце недостатня вивченість процесів високошвидкісного зіткнення уражаючого елемента з багатошаровою перешкодою. Процес взаємодії уражаючого елемента та багатошарової перешкоди на відміну від гомогенної більш складний, і на його результат впливає більше параметрів, наприклад характеристики шарів, параметри з'єднання шарів та інші. Усі ці параметри необхідно оцінювати при проведенні експериментальних досліджень. Представлена вдосконалена методика проведення експериментальних досліджень щодо перевірки балістичної стійкості багатошарових броньованих структур, що виготовлені з використанням нових технологій виробництва. Наведено умови постановки експерименту і порядок його проведення. Методика рекомендується для застосування в дослідженнях, що пов'язані з вибором і оцінюванням зразків, які можна застосовувати в подальшому для виготовлення засобів індивідуального бронезахисту військовослужбовця від вогнепальної зброї за 3–6-м класами захисту. Отримані результати із оцінки запропонованих характеристик та параметрів, які складають важливі властивості перешкоди – бронепробивальність і балістична стійкість, можуть бути застосовані для проведення аналізу ефективності використання багатошарових броньованих структур у засобах індивідуального бронезахисту та для створення і коригування імітаційної моделі процесу взаємодії уражаючого елемента з багатошаровою перешкодою.

Ключові слова: багатошарові бронееlementи, експериментальні дослідження, методика проведення експерименту, параметри оцінки матеріалів, бронепробивальність, балістична стійкість, засоби індивідуального бронезахисту.

Д. С. БАУЛІН, С. А. МАНЖУРА, С. А. ГОРЕЛИШЕВ, Н. П. ОДЕЙЧУК, Н. А. ТКАЧУК, Н. Н. ТКАЧУК
**МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
БАЛЛИСТИЧЕСКОЙ СТОЙКОСТИ МНОГОСЛОЙНЫХ БРОНИРОВАННЫХ СТРУКТУР**

На данный момент в Украине ведется активная работа по повышению защищенности личного состава и военной техники силовых структур. Актуальной задачей является создание новых броневых материалов, соответствующих по своим характеристикам современным требованиям и разработка надежных пулестойких защитных конструкций. Их создание требует детального исследования по оценке взаимодействия высокоскоростного элемента с преградой. С появлением новых бронематериалов и технологий их производства меняется и модель высокоскоростного взаимодействия. Однако большинство существующих методик дают неверную оценку процессам такого взаимодействия из-за появления новых параметров, связанных с совершенствованием технологий производства. Имеет место недостаточная изученность процессов высокоскоростного столкновения поражающего элемента с многослойной преградой. Процесс взаимодействия поражающего элемента и многослойной преграды, в отличие от гомогенной, более сложный и на его результат влияет больше параметров, например характеристики слоев, параметры соединения слоев и другие. Все эти параметры необходимо оценивать при проведении экспериментальных исследований. Представлена усовершенствованная методика проведения экспериментальных исследований по проверке баллистической стойкости многослойных бронированных структур, изготовленных с использованием новых технологий производства. Приведены условия постановки эксперимента и порядок его проведения. Методика рекомендуется для применения в исследованиях, связанных с выбором и оценкой образцов, которые можно применять в дальнейшем для изготовления средств индивидуальной бронезащиты военнослужащих от огнестрельного оружия по 3–6-му классам защиты. Полученные результаты по оценке предложенных характеристик и параметров, составляющих важные свойства преграды – бронепробиваемость и баллистическая стойкость, могут применяться для проведения анализа эффективности использования многослойных бронированных структур в средствах индивидуальной бронезащиты, а также для создания и корректировки имитационной модели процесса взаимодействия поражающего элемента с многослойной преградой.

Ключевые слова: многослойные бронезащитные элементы, экспериментальные исследования, методика проведения эксперимента, параметры оценки материалов, бронепробиваемость, баллистическая стойкость, средства индивидуальной бронезащиты.

D. S. BAULIN, S. A. MANZHURA, S. A. HORIELUSHEV, N. P. ODECHUK, M. A. TKACHUK, M. M. TKACHUK
**METHODOLOGY OF CONDUCTING EXPERIMENTAL STUDIES OF
THE BALLISTIC RESISTANCE OF MULTILAYER BROWNEED STRUCTURES**

At the moment, Ukraine is actively working on improved security of personnel and military equipment of the armed and police forces. Development of new armor materials corresponding to the modern requirements and development of reliable bulletproof protective structures is an uppermost urgent task. It requires thorough evaluation of the interaction of a high-speed element with a barrier. With the advent of new armor materials and technologies for their production the model of high-speed interaction also changes. Meanwhile, most existing methods give incorrect assessment of such interaction due to the lack of account for new parameters emerging from the improved manufacturing technologies. There is insufficient knowledge about the interaction of a high-speed element with a multilayered barrier. The penetration of the striking element into the multilayered barrier compared to the homogeneous one is more complex. Its outcome is influenced by more parameters, for example, characteristics of the layers, parameters of layer binding and others. All these parameters need to be evaluated when conducting experimental studies. An improved experimental technique of the ballistic resistance test is proposed for multilayer armor structures manufactured using new production technologies. The experiment setup and the experiment protocol are presented. The methodology is recommended to apply in studies related to selection and evaluation of samples that can be used in the future for the manufacture of personal armor with firearms protection corresponding to ranks 3–6. The obtained evaluation results in terms of the proposed characteristics and parameters that include most essential properties of the barrier, namely armor penetration and ballistic resistance can be used to analyze the performance of the multilayer armor structures in individual armor protection equipment, and to create and correct an imitation model of the interaction of the high-speed element with a multilayered barrier.

Keywords: multilayer armored elements, experimental study, the methodology of the experiment, the parameters of the material evaluation, armor penetration, the ballistic resistance, means of individual armor protection.

Вступ. Постановка проблеми. В даний час особлива увага спрямована на вирішення проблем захисту та безпеки, підвищення захищеності особового

складу та військової техніки як збройних сил України, так і інших силових структур [1–3]. Актуальним завданням є розробка надійних кулестійких захисних

© Д. С. Баулін, С. А. Манжура, С. А. Горелишев, М. П. Одейчук, М. А. Ткачук, М. М. Ткачук, 2018

конструкцій з недорогих і доступних вітчизняних матеріалів. Їх розробка і підбір матеріалів дає можливість розширити коло можливих конструкцій засобів індивідуального бронезахисту (ЗІБ).

На даний момент в нашій країні і за кордоном виготовляється велика номенклатура ЗІБ різних конструкторсько-технологічних і ергономічних конструкцій, орієнтованих на широкий спектр областей можливого застосування [4–6].

Крім того, ведеться активна робота зі створення нових броньових матеріалів і захисних структур, які відповідають за своїми характеристиками сучасним вимогам. Але не менш важливим завданням є і створення методичного апарату із оцінки бронематеріалів і захисних структур [7–9].

Існуючі моделі ударної взаємодії уражаючого елемента з перешкодою в основному мають за мету виявити можливість пробиття перешкоди. Для оцінки цієї взаємодії необхідно мати багато параметрів і характеристик [10]. Подальше впровадження новітніх технологій виробництва та створення за їх допомогою кулестійких перешкод, що забезпечують мінімальну заперешкодну дію, потребує детального дослідження параметрів процесу зіткнення кулі з перешкодою.

Процес зіткнення високошвидкісного елемента з перешкодою характеризується низкою параметрів – матеріал перешкоди і кулі, їх характеристики, швидкість і кут зіткнення, характеристики результатів їх взаємодії тощо. Для їх урахування та контролю створені різноманітні методики, які містять різні параметри.

При створенні нових технологій виробництва нових матеріалів з'являються і нові параметри. Багато існуючих методик не включають в себе низку показників і параметрів, які необхідно враховувати при оцінці процесу високошвидкісного зіткнення, а також питання, пов'язані з технологією виробництва деяких матеріалів. У зв'язку з цим оцінити точність отриманих результатів, використовуючи ці методики, є проблематичним.

Все вищевикладене характеризує актуальність і практичну значимість досліджень питань оцінювання балістичної стійкості бронематеріалів, особливо багатошарових, які виготовлені з використанням нових технологій виробництва та їх конкурентоспроможності.

Аналіз основних досягнень і літератури. Вибір методики експериментального дослідження оцінки взаємодії високошвидкісного елемента з броньовою перешкодою обумовлюється складністю ударно-хвильової дії. Ця проблема обумовлено постійним вдосконаленням технологій виробництва матеріалів, з яких виготовлені бронееlementи.

Натепер у науковій літературі представлена достатня кількість методик проведення експериментальних досліджень балістичної стійкості матеріалів. Дослідження в цьому напрямку представлені в роботах [4, 7, 8, 10–12]. Однак всі ці методики спрямовані на констатацію факту пробиття або непробиття бронееlementа.

Незважаючи на наявність публікацій, присвячених розробці методик проведення таких експериментальних досліджень, має місце недостатня вивченість процесів високошвидкісного зіткнення уражаючого елемента з перешкодами, особливо багатошаровими, і практична відсутність методик оцінювання параметрів, що характеризують емерджентність багатошарових матеріалів.

Мета роботи. У цій роботі представлена вдосконалена методика проведення експериментальних досліджень щодо перевірки балістичної стійкості багатошарових броньованих структур.

Виклад основного матеріалу. Методика проведення натурних випробувань балістичної стійкості багатошарових броньованих структур розроблена Національною академією Національної гвардії України спільно з Національним науковим центром "Харківський фізико-технічний інститут" Національної академії наук України.

Ця методика поширюється на методи контролю балістичної стійкості зразків багатошарових броньованих структур (далі – зразків) і призначена для проведення їх випробувань при оцінюванні та подальшому застосуванні як захисних структур у засобах індивідуального бронезахисту.

Процес взаємодії уражаючого елемента та багатошарової перешкоди на відміну від гомогенної більш складний та на його результат впливає більше параметрів, наприклад, характеристики шарів, параметри з'єднання шарів та інші. Усі ці параметри необхідно оцінювати при проведенні експериментальних досліджень.

Методика рекомендується для застосування в дослідженнях, що пов'язані з вибором і оцінюванням зразків, які можна застосовувати в подальшому для виготовлення засобів індивідуального бронезахисту військовослужбовця від вогнепальної зброї за 3–6-м класами захисту за [13, 14].

Для проведення випробувань застосовується:

- серійна зброя (5,45-мм автомат Калашникова АК74; 7,62-мм автомат Калашникова АКМ; 7,62-мм самозарядний карабін Сімонова СКС; 7,62-мм снайперська гвинтівка Драгунова СВД) та боеприпаси (табл. 1);
- комплекс для вимірювання швидкості уражаючого елемента (кулі) (рис. 1);

Таблиця 1 – Зброя та боеприпаси, що застосовуються для випробувань зразків

| Клас захисту | Зброя | Боеприпаси |
|--------------|-----------------------------|--|
| 3 | 7,62-мм АКМ; 7,62-мм СКС | 7,62-мм патрон зр. 1943 року з кулею "ПС" (гострокінцева куля зі сталевим осердям). $V_2 = 730 \pm 15$ м/с |
| | 5,45-мм АК74 | 5,45-мм патрон 7Н6 з кулею "ПС" (гострокінцева куля зі сталевим осердям). $V_2 = 910 \pm 15$ м/с. |
| 4 | 5,45-мм АК74 | 5,45-мм патрон 7Н10 з кулею "ПП" (гострокінцева куля зі сталевим термозміцненим осердям). $V_2 = 910 \pm 15$ м/с |
| | 7,62-мм СВД | 7,62-мм гвинтівковий патрон з кулею "ЛПС" (гострокінцева куля зі сталевим осердям). $V_2 = 850 \pm 15$ м/с |
| 5 | 7,62-мм АКМ; 7,62-мм СКС | 7,62-мм патрон зр. 1943 року з кулею "БЗ" (гострокінцева бронебійно-запальна куля зі сталевим термозміцненим осердям). $V_2 = 745 \pm 15$ м/с |
| 6 | 7,62-мм СВД | 7,62-мм гвинтівковий патрон з кулею "Б-32" (гострокінцева бронебійно-запальна куля зі сталевим термозміцненим осердям). $V_2 = 830 \pm 15$ м/с |

– пристрій просторової фіксації зразків, що досліджуються (рис. 2);

– вимірювальний інструмент.

Комплекс для вимірювання швидкості уражаючого елемента (рис. 1) повинен складатися з датчиків та реєструвальних пристроїв. Датчики повинні бути фотоелектричного або контактного типу. Прилад повинен забезпечувати вимірювання швидкості кулі в діапазоні від 300 до 1000 м/с та мати похибку вимірювання не більшу ніж 0,5 % від швидкості кулі, яку вимірює.



Рис. 1 – Оптиелектронний вимірювальний комплекс "ИБХ-731"

Принцип дії оптиелектронного вимірювального комплексу "ИБХ-731" базується на вимірюванні проміжку часу між імпульсами від двох оптичних датчиків, рознесених між собою на певну відстань. За цими даними електронна система комплексу автоматично вираховує величини швидкості руху уражаючого елемента та його кінетичної енергії.

Для утримання зразків у процесі проведення випробувань їх балістичної стійкості використовується пристрій просторової фіксації (рис. 2).

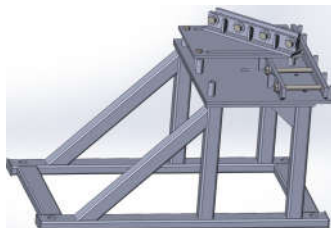


Рис. 2 – Пристрій просторової фіксації зразків

Обладнання під час проведення випробувань (зброя, комплекс для вимірювання швидкості вражаючого елемента (оптиелектронний вимірювальний комплекс "ИБХ-731") та пристрій просторової фіксації зі зразками) розташовується на визначених місцях згідно схеми (рис. 3) з міркувань зручності роботи і забезпечення виконання заходів безпеки при поводженні зі зброєю. Пристрій просторової фіксації зразків закріплюється таким чином, щоб під час дії вражаючого елемента на зразки не виникало переміщення пристрою.

Пластичний (підтримувальний) матеріал, встановлений впритул до тильної поверхні зразку, призначений для визначення глибини позаперешкодної деформації, розміщується у коробі з металу або деревини з площею відкритої поверхні не меншою ніж 300×300 мм, глибина коробки – не менша ніж 100 мм. Перед випробуваннями короб з підтримувальним матеріалом витримується протягом не менше 3 годин за температури оточуючого повітря у межах від -15°C до $+35^{\circ}\text{C}$ та відносної вологості від 65 % до 80 %.

Пластичність підтримувального матеріалу під час випробувань повинна бути такою, щоб на його плоскій поверхні у разі падіння на неї з висоти 2 м кулі діаметром 63,5 мм і масою 1043 г виникла вм'ятини глибиною 17–23 мм. Оцінка пластичності підтримувального матеріалу визначають не менш ніж трьома падіннями кулі.

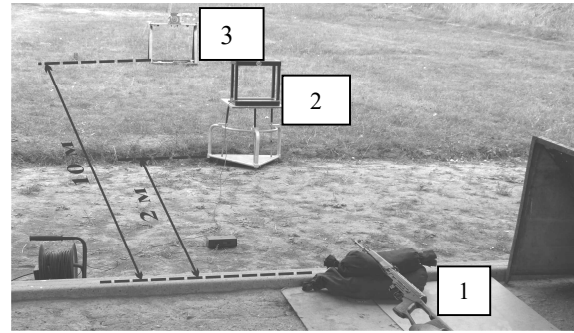


Рис. 3 – Схема проведення випробувань:
1 – зброя; 2 – комплекс для вимірювання швидкості вражаючого елемента; 3 – пристрій просторової фіксації зразків

Для контролю глибини вм'ятини у підтримувальному матеріалі, яка з'являється під час дії уражаючого елемента на зразок (глибина позаперешкодної деформації), та під час контролю пластичності підтримувального матеріалу використовуються:

– металева пластина товщиною 4 мм, шириною не менше ніж 50 мм та довжиною не менше ніж 350 мм;

– вимірювальна металева лінійка довжиною 150 мм та шириною 18 мм. Торцева грань лінійки повинна мати форму відповідно до рис. 4, радіус R повинен дорівнювати 3 мм. Інші вимоги – згідно з ДСТУ ГОСТ 427:2009.



Рис. 4 – Лінійка для вимірювання глибини вм'ятини

Для вимірювання глибини вм'ятини на поверхні підтримувального матеріалу пластина спирається на краї короба (рис. 5).

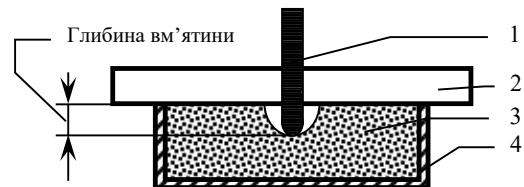


Рис. 5 – Схема вимірювання глибини вм'ятини на поверхні підтримувального матеріалу:
1 – лінійка; 2 – пластина; 3 – підтримувальний матеріал; 4 – короб

Для контролю відстані від зрізу ствола до зовнішньої поверхні багатошарової броньованої структури використовується вимірювальна металева рулетка згідно з ГОСТ 7502–98.

Порядок підготовки та проведення випробувань і контролю, опрацювання результатів. Зразки, які представлено на випробування, перевіряють візуальним оглядом [15]. На поверхні зразків не допускається наявність ушкоджень та інших дефектів. Вони розміщуються на пристрої просторової фіксації в спеціальних тримачах і повинні щільно прикладатися тильною стороною до плоскої поверхні підтримувального матеріалу на рівні країв коробу.

Під час кожного пострілу визначається швидкість кулі [16, 17] та контролюється кут влучення – кут між лінією польоту засобу ураження та перпендикуляром до площини поверхні зразку у місці влучення.

Під час пострілів дотримується відстань між влученнями у зразок не менше ніж 25 мм. Відстань між влученнями та зовнішнім краєм зразку дотримується не

менше ніж 25 мм. Випробування проводяться до отримання необхідної кількості залікових влучень у зразок.

Наявність пробою або позаперешкодної деформації, глибина якої більша 25 мм, під час залікового влучення вказують на невідповідність зразка класу захисту, що заявляється.

У подальшому, за допомогою вимірювальних інструментів визначаються (рис. 6):

1. У разі наскрізного пробиття (рис. 6, а):
 - діаметр наскрізного отвору (d_2 , мм);
 - діаметр лунки виплеску матеріалу з лицьового боку (d_1 , мм);
 - глибина лунки виплеску матеріалу з лицьового боку (h_2 , мм);
 - величина виплеску матеріалу (h_1 , мм);
 - величина відгину в бік руху кулі (h_3 , мм);
 - радіус з'єднання, що утворився при відгині (r , мм);
 - зовнішній діаметр відігнутої частини з тильного боку (d_3 , мм);
 - довжина тріщин на границі наскрізного отвору і їх напрям (мм);
 - розміри пробки (мм).

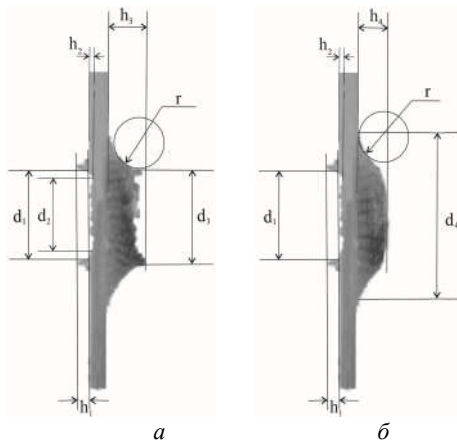


Рис. 6 – Параметри контролю зразків:

а – у разі наскрізного пробиття; б – у разі непробиття

2. У разі непробиття (рис. 6, б):
 - діаметр лунки виплеску матеріалу з лицьового боку (d_1 , мм);
 - глибина лунки виплеску матеріалу з лицьового боку (h_2 , мм);
 - величина виплеску матеріалу (h_1 , мм);
 - величина вигибу з тильного боку (h_4 , мм);
 - радіус з'єднання, що утворився при вигині (r , мм);
 - зовнішній діаметр вигину з тильного боку (d_4 , мм);
 - глибина проникнення кулі в перешкоду (мм);
 - глибина проникнення кулі у кожний шар структури окремо (мм);
 - порушення структури з'єднання шарів перешкоди.

Результати випробувань зразків оформлюють протоколом згідно з ДСТУ ISO/IEC 17025:2006.

Висновки. У статті запропонована методика проведення експериментальних досліджень багатошарових бронееlementів за 5-м та 6-м класом за ДСТУ В 4103–2002. Детально описано хід проведення дослідження, техніка безпеки та умови, коли зразок вважається пробитим та непробитим.

Розробка методики проведення досліджень багато в чому залежить від підходу до адекватного аналізу

всіх процесів, що протікають при високошвидкісній взаємодії уражаючого елемента з перешкодою.

Запропоновані для оцінки нові характеристики та параметри, які складають важливі властивості багатошарової перешкоди – бронепробивальність і балістична стійкість. Ці характеристики та параметри можуть бути застосовані для проведення аналізу ефективності використання багатошарових броньованих структур у засобах індивідуального бронезахисту та для створення і коригування імітаційної моделі процесу взаємодії уражаючого елемента з багатошаровою перешкодою.

Таким чином, фахівці Національної академії НГУ та Національного наукового центру "ХФТИ" стверджують, що розроблені та поліпшені елементи методики досліджень балістичної стійкості багатошарових бронееlementів дають можливість створити адекватну імітаційну модель процесу взаємодії кулі і перешкоди, що призведе до підвищення ефективності процесу створення ЗІБ та зниження часових і фінансових витрат.

У процесі подальших досліджень передбачається розробка методу вибору структурно-розмірних параметрів багатошарових бронепластин для використання їх у засобах індивідуального бронезахисту.

Список літератури

1. Застосування Сухопутних військ Збройних Сил України у конфліктах сучасності. *Збірник тез доповідей науково-практичної конференції 17 листопада 2016 р.* Львів: НАСВ, 2016. 117 с.
2. Дмитров С.О., Корендович В.С., Нестеров О.О. та ін. *Воснна безпека України на межі тисячоліть* / ред. Г.М. Перепелиця. Національний інститут стратегічних досліджень. Київ: Стилюс, 2002. 353 с.
3. *Новые тенденции в области средств индивидуальной защиты пехотинца.* Режим доступу: http://www.defens-update.com/features/du-2-07/infantry_armor_cooling.htm. Загол. з екрану.
4. Игнатова, А.М., Артемов А.О. Аналитический обзор современных и перспективных материалов и конструкций бронепреград и защит от поражения *Фундаментальные исследования.* 2012. № 6. С. 101–105.
5. Игнатова, А.М., Артемов А.О., Игнатов М.Н. Противокумулятивная защита техники с применением синтетических минеральных сплавов. *Двойные технологии.* 2014. № 2 (67). С. 13–17.
6. Баулин Д.С., Горельшев С.А., Манжура С.А. Индивидуальны засоби бронезахисту: питання вимог та класифікації. *Збірник наукових праць Національної Академії державної прикордонної служби України. Серія: військові та технічні науки.* 2016. С. 210–224.
7. Мошков, Г.В., Есин Б.В. О некоторых аспектах выбора и применения бронжилетов. *Форт Технология.* 1999. С. 4–7.
8. Смирнов, В.П. Оценка эффективности защиты армейских средств индивидуальной бронезащиты. *Техника и вооружение.* № 7, 2013.
9. Игнатова, А.М., Артемов А.О., Игнатов М.Н., Соколов М.А. Методика исследования диссипативных свойств синтетических минеральных сплавов при высокоскоростном пробивании. *Фундаментальные исследования.* 2012. № 9–1. С. 145–150.
10. Григорян, В.А. *Материалы и защитные структуры для локального и индивидуального бронирования.* Москва: РадиоСофт, 2008. 406 с.
11. *Анализ материалов и их свойств, применяемых для средств индивидуальной бронезащиты.* Режим доступа: <https://www.natural-sciences.ru/ru/article/view?id=34372>. 18.06.2017 р. Загол. з екрану.
12. Анастасиadi, Г.П., Сильников М.В. *Работоспособность броневых материалов.* НПО "Специальные материалы". СТО, 2004. 624 с.
13. *РАДА захист. ДСТУ В 4103-2002 (Україна.)* Режим доступу: <http://rada.company.ua/category/klassy-zashity-bronezhiletov-po-dstu-v-4103-2002/> Загол. з екрану.
14. Манжура С.А. Вибір матеріалів бронепластин для індивідуальних засобів бронезахисту сил охорони правопорядку. *Системи озброєння і військова техніка. Науковий журнал Харківського Національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба.* 2017. № 2(50). С. 89–93.
15. Зіркєвич В.М., Авєтов А.А., Крижний А.В., Данилюк В.Є. (Україна). Пат.68961 А Україна. 7 F41H5/04. *Багатошарова комбінована броньова перешкода.* № 2003110539; Заявл. 21.11.2003.; Опубл. 16.08.2004. Бюл. № 8, 2004 р.
16. Анипко О.Б., Муленко А.О., Баулин Д.С., Хань С.П. Коррекция зависимости начальной скорости пули 7,62-мм винтовочного патрона по результатам экспериментальных стрельб. *Интегро-*

вані технології та енергозбереження. Науково-практичний журнал НТУ "ХПІ". 2012. № 2. С. 21–23.

17. Баулін Д.С., Бірюков І.Ю. Експлуатаційні характеристики стрілецького озброєння при використанні боєприпасів тривалого зберігання. *Збірник наукових праць Академії внутрішніх військ МВС України*. 2008. № 1. С. 4–8.

References (transliterated)

1. Zastosuvannya Sukhoputnykh voysk Zbroynykh Syl Ukrainy u konfliktakh suchasnosti: *Zbirnyk tez dopovidey naukovopraktychnoy konferentsiy 17 lystopada 2016 r.* [Proc. of the Sci-Pract. Conf. 17 November 2016]. Lviv: HACB Publ., 2016. 117 p.
2. Dmytrov S.O., Korendovych V.S., Nesterov O.O. and others. H.M. Perepelitsa, ed. *Voyenna bezpeka Ukrainy Na mezhi tysyacholit* [Military security of Ukraine at the turn of the millennium]. Natsionalnyy instytut stratehichnikh doslidzhen [National Institute of Strategic Affairs]. Kiev, Stylos Publ., 2002. 353 p.
3. *Novi tendentsiyi v oblasti zasobiv indyvidualnoho zakhystu pikhotyntsiya*. [New trends in the field of personal protective equipment infantry]. Available at: http://www.defens-update.com/features/du-2-07/infantry_armor_cooling.htm. zahal. z ekranu.
4. Ihnatova, A.M. Analitichnyy ohlyad suchasnykh i perspektyvnykh materialiv i konstruktivnykh broneprehrad i zakhystiv vid urazheniya [Analytical review of modern and promising materials and structures of armored barriers and defenses against defeat]. *Fundamentalni doslidzhennya* [Basic research]. 2012. No. 6–1. Pp. 101–105.
5. Ihnatova, A.M., Artemov A.O., Ihnatov M.N. Protivokumulyativnyy zakhyst tekhniki iz zastosuvanniam syntetichnykh mineralnykh splaviv [Anti-cumulative protection of machinery using synthetic mineral alloys]. *Podviyni tekhnolohiyi* [Dual technologies]. 2014. No. 2 (67). Pp. 13–17.
6. Baulin D.S., Horelyshev S.A., Manzura S.A. Individualni zasoby bronezakhistu: pytannya vymoh ta klasifikatsiyi [Individual armor protection: Requirements and classification] // *Zbirnyk naukovykh prats Natsionalnoy Akademiyi derzhavnoy prykordonnoy sluzhby Ukrainy. Seriya: viyskovi ta tekhnichni nauky* [Collection of scientific works of the National Academy of the State Border Guard Service of Ukraine. Series: military and technical science]. 2016. Pp. 210–224.
7. Moshkov, H.V., Yesin B.V. Pro deyaki aspekty vyboru i zastosuvannya bronezhyletiv [On some aspects of the choice and use of flak jackets]. *Fort Tekhnolohiya* [Fort Technology]. 1999. Pp. 4–7.
8. Smyrnov, V.P. Otsinka efektyvnosti zakhystu armiyskykh zasobiv indyvidualnoho bronezakhistu [Evaluation of the effectiveness of the protection of army means of individual armor protection]. *Tekhnika i ozbroynennya* [Machinery and armament]. No. 7. 2013.
9. Ihnatova, A.M., Artemov A.O., Ihnatov M.N., Sokovykov M.A. Metodyka doslidzhennya dysypatyvnykh vlastyvostry syntetichnykh mineralnykh splaviv pry vysokoshvydkisnomu probyvanni [A technique for investigating the dissipative properties of synthetic mineral alloys under high-speed penetration]. *Fundamentalni doslidzhennya* [Basic research]. 2012. No. 9–1. Pp. 145–150.
10. Hryhoryan, V.A. *Materialy i zakhysni struktury dlya lokalnoho i indyvidualnoho bronyuvannya* [Materials and protective structures for local and individual booking]. Moscow, RadyoSoft Publ., 2008. 406 p.
11. *Analiz materialiv ta yikh vlastyvostry, shcho zastosovuyutsya dlya zasobiv indyvidualnoho bronezakhistu* [Analysis of materials and their properties used for personal armor protection]. Available at: <https://www.natural-sciences.ru/article/view?id=34372> – 18.06.2017. – zahalovky. z ekranu.
12. Anastasyady H.P., Silnikov M.V. *Pratsezdattnist bronovykh materialiv* NPO "Spetsialni materialy". NGO [Working capacity of armored materials. "Special Materials". STO], 2004. 624 p.
13. *RA.DA zakhyst. DSTU V 4103-2002 (Ukrayina)* [RA. DA protection. DSTU 4103-2002 (Ukraine.)] Available at: <http://rada.company.ua/category/klassy-zashity-bronezhiletov-po-dstu-v-4103-2002/>. zahal. z ekranu.
14. Manzura S.A. Vybir materialiv broneplastyn dlya individualnykh zasobiv bronezakhistu syl okhorony pravoporyadku [The choice of materials for armor plates for individual means of armored defense of the forces of law enforcement]. *Systemy ozbroynennya y viyskova tekhnika. Naukovyy zhurnal Kharkivskoho natsionalnoho universyitetu Povitryanykh Syl imeni Ivana Kozheduba* [Arms systems and military equipment. Scientific journal of Kharkiv National University of Air Forces named after Ivan Kozhedub]. 2017. No. 2 (50). Pp. 89–93.
15. Zirkevich V.M., AVETA A.A., Kryzhna A.V., Danylyuk V.YE. (Ukrayina) Pat.68961 A Ukrayina. 7 F41N5 / 04. *Bahatosharova kombinovana bronova Pereshkoda* [Multilayer Combined Armor Barrier] / No. 2003110539. Zayavl. 21.11.2003. Opubl. 16.08.2004. Byul. No. 8, 2004.
16. Anipko O.B., Molenko A.O., Baulin D.S., Khan S.P. Korektsiya zalezhnosti pochatkovoy shvydkosti kul 7,62-mm hyntivochnoho patrona za rezultatamy eksperymentalnykh strilb [Correction of the dependence of the initial velocity of a bullet 7,62 mm of a rifle cartridge on the basis of experimental firing]. *Intehrovani tekhnolohiyi ta enerhozberzhennya. naukovopraktychnyy zhurnal NTU "KHPI"* [Integrated technologies and energy saving. Scientific and practical journal NTU "KhPI"]. 2012. No. 2. Pp. 21–23.
17. Baulin D.S., Biryukov I.YU. Eksploatatsiyni kharakterystyky strilets'ko-ho ozbroynennya pry vikoristanni boeyprypasiv trivaloho zberihannya [Operational characteristics of small arms with the use of long-term ammunition]. *Zbirnyk naukovykh prats Akademiyi vnutrishnikh voysk MVS Ukrainy* [Collection of scientific works of the Academy of Internal Troops of the Ministry of Internal Affairs of Ukraine]. 2008. No. 1. Pp. 4–8.

Надійшло (received) 15.06.2018

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Баулін Дмитро Станіславович (Баулін Дмитрий Станиславович, Baulin Dmytro Stanislavovich) – кандидат технічних наук (PhD in Eng. S.), старший науковий співробітник, Національна академія Національної гвардії України, старший науковий співробітник науково-дослідної лабораторії забезпечення службово-бойової діяльності Національної гвардії України науково-дослідного центру діяльності Національної гвардії України; м. Харків, Україна; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7082-6954>; e-mail: baulinds1966@ukr.net

Манжура Святослав Анатолійович (Манжура Святослав Анатольевич, Manzhura Svyatoslav Anatolevich) – Національна академія Національної гвардії України, ад'юнкт докторантури та ад'юнктури; м. Харків, Україна; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4726-0320>; e-mail: baulinds1966@ukr.net

Горелишев Станіслав Анатолійович (Горелишев Станислав Анатольевич, Horielyshev Stanislav Anatolevich) – кандидат технічних наук (PhD in Eng. S.), доцент, Національна академія Національної гвардії України, старший науковий співробітник науково-дослідної лабораторії забезпечення службово-бойової діяльності Національної гвардії України науково-дослідного центру діяльності Національної гвардії України; м. Харків, Україна; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1689-0901>; e-mail: port_6633@mail.ru

Одейчук Микола Петрович (Одейчук Николай Петрович, Odechuk Nikolay Petrovich) – кандидат технічних наук (PhD in Eng. S.), старший науковий співробітник, Національний науковий центр "Харківський фізико-технічний інститут", старший науковий співробітник; м. Харків, Україна; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6507-2588>; e-mail: prodeychuk@ukr.net

Ткачук Микола Анатолійович (Ткачук Николай Анатольевич, Tkachuk Mykola Anatoliyovych) – доктор технічних наук (Dr. habil. of Eng. S.), професор, Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут", завідувач кафедри теорії і систем автоматизованого проектування механізмів і машин; м. Харків, Україна; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4174-8213>; e-mail: TMA@tmm-sapr.org

Ткачук Микола Миколайович (Ткачук Николай Николаевич, Tkachuk Mykola Mykolayovych) – кандидат технічних наук (PhD in Eng. S.), Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут", старший науковий співробітник кафедри інформаційних технологій та систем колісних і гусеничних машин імені О.О. Морозова; м. Харків, Україна; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4753-4267>; e-mail: m.tkachuk@tmm-sapr.org